

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-103035
(P2016-103035A)

(43) 公開日 平成28年6月2日(2016.6.2)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO2B 13/04 (2006.01)	GO2B 13/04	2H087
GO2B 13/18 (2006.01)	GO2B 13/18	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-3430 (P2016-3430)	(71) 出願人	000005810 日立マクセル株式会社 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号
(22) 出願日	平成28年1月12日 (2016.1.12)	(74) 代理人	100103894 弁理士 冢入 健
(62) 分割の表示	特願2015-540400 (P2015-540400) の分割	(72) 発明者	牧野 由多可 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立 マクセル株式会社内
原出願日	平成26年10月3日 (2014.10.3)	(72) 発明者	杉山 隆 大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立 マクセル株式会社内
(11) 特許番号	特許第5898395号 (P5898395)	Fターム(参考)	2H087 KA01 LA03 NA08 PA04 PA18 PB05 QA02 QA06 QA07 QA17 QA21 QA25 QA32 QA34 QA37 QA41 QA46 RA05 RA12 RA13 RA32 RA42 UA01
(45) 特許公報発行日	平成28年4月6日 (2016.4.6)		
(31) 優先権主張番号	特願2013-208450 (P2013-208450)		
(32) 優先日	平成25年10月3日 (2013.10.3)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

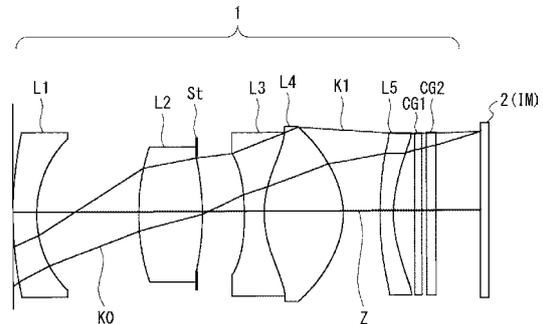
(54) 【発明の名称】 撮像レンズ系及び撮像装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 明るく、高い結像性能を有し、温度変化による性能劣化が小さく、かつ、安価な撮像レンズ系を提供する。

【解決手段】 撮像レンズ系1は、物体側から順に、物体側に凸形状の負のメニスカスレンズからなる第1レンズL1と、物体側に凸形状の正レンズからなる第2レンズL2と、像側に凹形状の負レンズからなる第3レンズL3と、物体側が凸形状の正レンズからなる第4レンズL4と、像側に凹形状のメニスカスレンズからなる第5レンズL5とを備え、第2レンズL2の物体側又は像側に配置された開口絞りStを備え、第3レンズL3の像側レンズ面と第4レンズL4の物体側レンズ面とが貼り合わされている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、物体側に凸形状の負のメニスカスレンズからなる第 1 レンズと、物体側に凸形状の正レンズからなる第 2 レンズと、像側に凹形状の負レンズからなる第 3 レンズと、物体側が凸形状の正レンズからなる第 4 レンズと、像側に凹形状のメニスカスレンズからなる第 5 レンズとからなり、さらに、前記第 2 レンズの物体側又は像側に配置された開口絞りを備え、前記第 3 レンズの像側レンズ面と前記第 4 レンズの物体側レンズ面とが貼り合わされており、下記条件式を満足することを特徴とする撮像レンズ系。

$$L4R2D \quad L5R1D$$

但し、 $L4R2D$ ：前記第 4 レンズの像側レンズ面の有効径

$L5R1D$ ：前記第 5 レンズの物体側レンズ面の有効径

とする。

10

【請求項 2】

前記第 5 レンズの像側レンズ面の形状は、光軸から有効径端までの範囲で凹形状が凸形状に切り替わる極値を有さず、かつ、下記条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ系。

$$0.5 \quad L5R2R / f \quad 3$$

但し、 f ：レンズ系全体の焦点距離

$L5R2R$ ：前記第 5 レンズの像側レンズ面の曲率半径

とする。

20

【請求項 3】

下記条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ系。

$$FB / f \quad 0.52$$

但し、 f ：レンズ系全体の焦点距離

FB ：前記第 5 レンズの像側レンズ面の有効径の外側において最も像面に近い位置から像面までの空気換算距離

とする。

【請求項 4】

下記条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ系。

$$0.36 \quad 345 / 12 \quad 0.52$$

但し、 12 ：前記第 1 レンズ及び前記第 2 レンズの合成パワー

345 ：前記第 3 レンズ、前記第 4 レンズ及び前記第 5 レンズの合成パワー

とする。

30

【請求項 5】

前記第 3 レンズ、前記第 4 レンズ及び前記第 5 レンズの材質がプラスチックであることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ系。

【請求項 6】

前記第 1 レンズ及び第 2 レンズの材質がガラスであることを特徴とする請求項 5 に記載の撮像レンズ系。

【請求項 7】

F 値が 2.0 未満であり、下記条件式の全てを満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ系

$$-2.2 \quad f1 / f \quad -0.9$$

$$0.5 \quad f2 / f \quad 1.6$$

$$-2.8 \quad f3 / f \quad -0.5$$

$$0.6 \quad f4 / f \quad 1.7$$

但し、 $f1$ ：前記第 1 レンズの焦点距離

$f2$ ：前記第 2 レンズの焦点距離

$f3$ ：前記第 3 レンズの焦点距離

$f4$ ：前記第 4 レンズの焦点距離

40

50

f : レンズ系全体の焦点距離とする。

【請求項 8】

前記第 2 レンズ及び前記第 4 レンズが両凸レンズ、第 3 レンズが両凹レンズであり、下記条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ系。

$$4 - 3 < 1.5$$

但し、 3 : 前記第 3 レンズのアッベ数

4 : 前記第 4 レンズのアッベ数

とする。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の撮像レンズ系と、前記撮像レンズ系の物体側に配置された平板状のカバーガラスと、前記撮像レンズ系の焦点位置に配置された撮影素子と、を備えることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像レンズ系及びそれを備える撮像装置に関し、特に、CCD イメージセンサや CMOS イメージセンサ等の撮像素子を用いた車載用カメラ、監視カメラ等に使用されるのに適した撮像レンズ系及びそれを備える撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、CCD イメージセンサや CMOS イメージセンサ等の撮像素子を用いた監視カメラ及び車載用カメラの高性能化及び小型化が進んでおり、F 値の小さい明るい撮像レンズ系に対する需要が高まっている。通常、撮像レンズ系の F 値が小さくなると、像面湾曲及び横収差が大きくなり、結像性能が劣化することが知られている。

【0003】

特許文献 1 には、車載用カメラ、監視カメラ等に使用される撮像レンズ系が記載されている。特許文献 1 に記載の撮像レンズ系は、球面ガラスレンズ 6 枚により構成されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 5 1 4 3 5 9 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

監視カメラ及び車載用カメラにおいては、使用される環境の温度変化が大きいので、従来は多枚数のガラスレンズを用いた撮像レンズ系が主流であった。しかし、近年樹脂材料の耐熱性が向上しているので、監視カメラ及び車載用カメラ用途においても安価で大量生産できるプラスチックレンズを用いたいという要望が多くなっている。さらに、非球面レンズを用いることにより、結像性能の向上及びレンズ枚数の削減を期待できる。

【0006】

特許文献 1 に記載の撮像レンズ系は、F 値が 2.0 と比較的大きく、像面湾曲及び横収差も比較的大きい。また、特許文献 1 の撮像レンズ系は球面ガラスレンズを 6 枚用いているが、非球面プラスチックレンズを用いた場合と比べるとレンズ枚数が多くなるので、撮像レンズ系が高価になる。

【0007】

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、明るく、高い結像性能を有し、温度変化による性能劣化が小さく、かつ、安価な撮像レンズ系を提供することを目的とする。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の撮像レンズ系は、

物体側から順に、物体側に凸形状の負のメニスカスレンズからなる第1レンズと、物体側に凸形状の正レンズからなる第2レンズと、像側に凹形状の負レンズからなる第3レンズと、物体側が凸形状の正レンズからなる第4レンズと、像側に凹形状のメニスカスレンズからなる第5レンズとを備え、

さらに、前記第2レンズの物体側又は像側に配置された開口絞りを備え、

前記第3レンズの像側レンズ面と前記第4レンズの物体側レンズ面とが貼り合わされている。

10

【0009】

本発明の撮像装置は、上述の撮像レンズ系と、前記撮像レンズ系の物体側に配置された平板状のカバーガラスと、前記撮像レンズ系の焦点位置に配置された撮像素子と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明の撮像レンズ系によれば、明るく、高い結像性能を有し、温度変化による性能劣化が小さく、かつ、安価な撮像レンズ系を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【0011】

20

【図1】本発明の一の実施形態に係る撮像レンズ系の断面と最大画角での主光線及び上光線を示す図である。

【図2】本発明の比較例に係る撮像レンズ系の断面と最大画角での主光線及び上光線を示す図である。

【図3】本発明の実施例1に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図4】本発明の実施例2に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図5】本発明の実施例3に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図6】本発明の実施例4に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図7】本発明の実施例5に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図8】本発明の実施例6に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

30

【図9】本発明の実施例7に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図10】本発明の実施例8に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図11】本発明の実施例9に係る撮像レンズ系のレンズ構成を示す断面図である。

【図12】本発明の実施例1に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図13】本発明の実施例2に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図14】本発明の実施例3に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図15】本発明の実施例4に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

40

【図16】本発明の実施例5に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図17】本発明の実施例6に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図18】本発明の実施例7に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図19】本発明の実施例8に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図20】本発明の実施例9に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

50

示す表である。

【図 2 1】本発明の比較例に係る撮像レンズ系の基本レンズデータ及び非球面データを示す表である。

【図 2 2】本発明の実施例 1 ~ 9 及び比較例の特性値を示す表である。

【図 2 3】本発明の実施例 1 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 2 4】本発明の実施例 2 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 2 5】本発明の実施例 3 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 2 6】本発明の実施例 4 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 2 7】本発明の実施例 5 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 2 8】本発明の実施例 6 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 2 9】本発明の実施例 7 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 3 0】本発明の実施例 8 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 3 1】本発明の実施例 9 に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 3 2】本発明の比較例に係る撮像レンズ系の横収差図である。

【図 3 3】本発明の実施例 1 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 3 4】本発明の実施例 2 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 3 5】本発明の実施例 3 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 3 6】本発明の実施例 4 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 3 7】本発明の実施例 5 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 3 8】本発明の実施例 6 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 3 9】本発明の実施例 7 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 4 0】本発明の実施例 8 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 4 1】本発明の実施例 9 に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 4 2】本発明の比較例に係る撮像レンズ系の像面湾曲図である。

【図 4 3】本発明の実施例 1 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 4 4】本発明の実施例 2 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 4 5】本発明の実施例 3 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 4 6】本発明の実施例 4 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 4 7】本発明の実施例 5 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 4 8】本発明の実施例 6 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 4 9】本発明の実施例 7 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 5 0】本発明の実施例 8 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 5 1】本発明の実施例 9 に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【図 5 2】本発明の比較例に係る撮像レンズ系の軸上色収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図 1 は、本発明の実施形態の一例である撮像レンズ系 1 の断面図を示しており、後述する実施例 1 に対応している。図 1 では、図中の左側を物体側、右側を像側としており、光線は物体側から撮像レンズ系 1 に入射する。

【0013】

図 1 に示すように、撮像レンズ系 1 は、物体側から順に、物体側に凸形状の負のメニスカスレンズからなる第 1 レンズ L 1 と、物体側に凸形状の正レンズからなる第 2 レンズ L 2 と、開口絞り S t と、負レンズからなる第 3 レンズ L 3 と、物体側が凸形状の正レンズからなる第 4 レンズ L 4 と、像側に凹形状のメニスカスレンズからなる第 5 レンズ L 5 と、を備えている。

【0014】

さらに、撮像レンズ系 1 は、第 2 レンズ L 2 の物体側又は像側に配置された開口絞り S t を備える。例えば、開口絞り S t は、第 2 レンズ L 2 の物体側又は像側に隣接する位置に配置されていることが好ましい。撮像レンズ系 1 では、第 3 レンズ L 3 の像側レンズ面

10

20

30

40

50

と第4レンズL4の物体側レンズ面とが貼り合わされている。

【0015】

図1には、撮像レンズ系1の最大画角（最大視野）における主光線K0と、絞りStより像側に位置するレンズ（第3レンズL3、第4レンズL4及び第5レンズL5）の有効径の上端を通る最大画角における上光線K1（最大画角の上部マージナル光線）と、が記載されている。

【0016】

上述のレンズ構成にすることにより、第4レンズL4から第5レンズL5に向かう最大画角における上光線K1を光軸Zの方向に向かわせることができる。これにより、第3レンズL3及び第4レンズL4の有効径を大きくすることが可能となる。よって、第3レンズL3及び第4レンズL4の設計の自由度が上がるので、撮像レンズ系1の結像位置における横収差及び像面湾曲を小さく抑えることが可能となる。

10

【0017】

図1には、撮像レンズ系1が撮像装置に適用される場合を考慮して、撮像レンズ系1の結像位置に撮像素子2も図示してある。撮像素子2は、撮像レンズ系1により形成される像を受光して電気信号に変換する。撮像素子2は、例えば、CCD（Charge Coupled Device）イメージセンサやCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサ等からなる。

【0018】

また、第5レンズL5と撮像素子2の間には、撮像装置の構成に応じて撮像素子用カバーガラスや各種フィルタ（赤外線カットフィルタ、紫外線カットフィルタ、可視光カットフィルタ、ローパスフィルタ等）を配置しても良い。撮像レンズ系1では、第1カバーガラスCG1及び第2カバーガラスCG2が第5レンズL5と撮像素子2の間に配置されている。第1カバーガラスCG1及び第2カバーガラスCG2は、d線に対する屈折率Nd = 1.517のガラス板である。第1カバーガラスCG1の厚さは0.3mmであり、第2カバーガラスCG2の厚さは0.4mmである。必要に応じてガラス板の材質、厚さ、及び数を変えても良いし、ガラス板を無くしても良い。

20

【0019】

撮像レンズ系1と撮像素子2とを組み合わせる撮像装置として用いるときに、さらに、撮像レンズ系1の物体側に配置された平板状のカバーガラスを有してもよい。これにより、撮像レンズ系1の第1レンズL1に傷及び汚れがつくことを防止することができる。

30

【0020】

撮像レンズ系1において、第5レンズL5は負のパワーを有するメニスカスレンズであり、下記の条件式(1)を満足することが望ましい。

【0021】

$$-4 < f_5 / f < -1.5 \quad (1)$$

但し、

f：撮像レンズ系1のレンズ系全体の焦点距離

f₅：第5レンズL5の焦点距離

とする。

40

なお、条件式(1)は、 $-3.6 < f_5 / f < -2.2$ を満足することがより好ましい。

【0022】

f₅/fを-1.5以下にすることにより、撮像レンズ系1のバックフォーカスを長くすることができる。これにより、撮像レンズ系1はフランジバックを長くすることが出来るようになるので、空いたスペースに前述したフィルタ類等の部品を挿入することができる。なお、フランジバックとは、第5レンズL5の像側レンズ面の有効径の外側で最も像面に近い位置から像面IMまでの距離をいう。

【0023】

ここで、f₅/fを-4以上にすることにより、横収差の悪化を抑制することができる

50

。 f_5 / f を -1.5 以下にすることにより、フランジバックを長くできる。フランジバックは、具体的に下記の条件式(2)を満足するように長くとれるようになる。

【0024】

$$FB / f \leq 0.52 \quad (2)$$

但し

FB：第5レンズL5の像側レンズ面の有効径の外側において最も像面に近い位置から像面IMまでの空気換算距離

f：撮像レンズ系1のレンズ系全体の焦点距離とする。

なお、条件式(2)は、 $0.67 \leq FB / f \leq 0.58$ を満足することがより好ましい 10

【0025】

また、撮像レンズ系1において、第5レンズL5を像側に凹形状の負のメニスカスレンズとすることにより、第4レンズL4における光軸Zからの光線高さが相対的に高くなる。これにより、第4レンズL4及び第3レンズL3の有効径を大きくすることが可能となるので、第4レンズL4及び第3レンズL3におけるレンズ面の設計の自由度が上がる。結果として、撮像レンズ系1の横収差及び軸上色収差を小さくすることが出来る。具体的には下記の条件式(3)を満足することにより、撮像レンズ系1の横収差及び軸上色収差をさらに小さくすることが出来る。

【0026】

$$L4R2D \leq L5R1D \quad (3)$$

但し、

L4R2D：第4レンズL4の像側レンズ面の有効径

L5R1D：第5レンズL5の物体側レンズ面の有効径

とする。

【0027】

この場合、第5レンズL5の像側レンズ面の形状は、光軸Zからレンズ有効径端までの範囲で凹形状が凸形状に切り替わる極値を有しないことが好ましい。また、第5レンズL5の像側レンズ面の曲率半径は下記条件式(4)を満足することが望ましい。

【0028】

$$0.5 \leq L5R2R / f \leq 3 \quad (4)$$

但し、

f：撮像レンズ系1のレンズ系全体の焦点距離

L5R2R：第5レンズL5の像側レンズ面の曲率半径

とする。

なお、条件式(4)は、 $0.7 \leq L5R2R / f \leq 1.1$ を満足することがより好ましい。

【0029】

この条件式(4)を満足しない場合、最大画角で第5レンズL5に入射する上光線K1が光軸Zに向かう光線になりにくいいため、第4レンズL4の有効径を大きくすることが難しい。 40

【0030】

また、撮像レンズ系1において、F値が2.0未満の場合、下記の条件式(5)~(8)を満足することが好ましい。これにより、撮像レンズ系1の横収差及び像面湾曲をさらに小さくすることが可能となる。

【0031】

$$-2.2 \leq f_1 / f \leq -0.9 \quad (5)$$

$$0.5 \leq f_2 / f \leq 1.6 \quad (6)$$

$$-2.8 \leq f_3 / f \leq -0.5 \quad (7)$$

$$0.6 \leq f_4 / f \leq 1.7 \quad (8)$$

但し、

f_1 : 第 1 レンズ L_1 の焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ L_2 の焦点距離

f_3 : 第 3 レンズ L_3 の焦点距離

f_4 : 第 4 レンズ L_4 の焦点距離

f : 撮像レンズ系 1 のレンズ系全体の焦点距離

とする。

【0032】

なお、条件式 (5) は、 $-1.7 < f_1 / f < -1.1$ を満足することがより好ましく、 $-1.7 < f_1 / f < -1.3$ を満足することがさらに好ましい。条件式 (6) は、 $0.8 < f_2 / f < 1.3$ を満足することがより好ましく、 $0.8 < f_2 / f < 1.1$ を満足することがさらに好ましい。条件式 (7) は、 $-2.1 < f_3 / f < -1.0$ を満足することがより好ましく、 $-2.1 < f_3 / f < -1.9$ を満足することがさらに好ましい。条件式 (8) は、 $1.0 < f_4 / f < 1.4$ を満足することがより好ましい。

10

【0033】

また、撮像レンズ系 1 では、第 2 レンズ L_2 及び第 4 レンズ L_4 が両凸レンズ、第 3 レンズ L_3 が両凹レンズであり、下記条件式 (9) を満足することが好ましい。これにより、撮像レンズ系 1 の色収差を低減することができる。

【0034】

$$4 - 3 < 1.5 \quad (9)$$

20

但し、

3 : 第 3 レンズ L_3 のアッペ数

4 : 第 4 レンズ L_4 のアッペ数

とする。

【0035】

第 3 レンズ L_3 及び第 4 レンズ L_4 の貼り合せレンズにおいて、負のパワーを有する第 3 レンズ L_3 のアッペ数を小さくして、正のパワーを有する第 4 レンズ L_4 のアッペ数を大きくすることが好ましい。これにより、撮像レンズ系 1 の色収差を補正することができる。

30

【0036】

さらに、第 3 レンズ L_3 、第 4 レンズ L_4 、及び第 5 レンズ L_5 に非球面レンズを用いることにより、さらに横収差及び像面湾曲を小さくすることができる。その場合、ガラスモールド非球面レンズは高価なため、プラスチック非球面レンズを用いる方が望ましい。

【0037】

撮像レンズ系 1 は、下記条件式 (10) を満足することが好ましい。

$$0.36 < 3.45 / 1.2 < 0.52 \quad (10)$$

但し、

1.2 : 第 1 レンズ L_1 及び第 2 レンズ L_2 の合成パワー

3.45 : 第 3 レンズ L_3 、第 4 レンズ L_4 及び第 5 レンズ L_5 の合成パワー

とする。

40

ここで、第 1 レンズ L_1 及び第 2 レンズ L_2 の合成焦点距離を f_{12} とすると、 $1.2 = 1 / f_{12}$ と表せる。第 3 レンズ L_3 、第 4 レンズ L_4 及び第 5 レンズ L_5 の合成焦点距離を f_{345} とすると、 $3.45 = 1 / f_{345}$ と表せる。

【0038】

撮像レンズ系 1 では、温度変化による焦点位置変化を小さくする必要がある。温度変化による焦点位置変化は、各々のレンズの温度変化による屈折率変化及びレンズ形状の変化により生じる。ガラスは温度が高くなるにつれて屈折率が大きくなるものが多く、逆にプラスチックは温度が高くなるにつれて屈折率が小さくなるものが多い。ガラスに比べてプラスチックの温度変化に対する屈折率変化量はかなり大きい。また、ガラスよりもプラスチックの線膨張係数の方が大きい。そのため、温度変化時におけるレンズの膨張又は収縮

50

に起因するレンズ形状の変化は、ガラスよりもプラスチックの方が大きい。

【0039】

第1レンズL1及び第2レンズL2がガラスレンズ、第3レンズL3、第4レンズL4、及び第5レンズL5がプラスチックレンズの場合、 $0.36 \quad 345 / \quad 12 \quad 0.52$ を満足することにより、第1レンズL1及び第2レンズL2の焦点位置変化を、第3レンズL3、第4レンズL4、及び第5レンズL5の焦点位置変化で打ち消して、撮像レンズ系1のレンズ系全体の焦点位置変化を小さくすることが出来る。

【0040】

本実施形態の撮像レンズ系1によれば、各レンズの材質、各面の形状、各レンズのパワーを好適に設定することにより、F値が小さく、結像性能が高く、温度変化に対する焦点位置変化の小さい撮像レンズ系を安価に提供することが出来る。

10

【実施例1】

【0041】

以下、具体的な実施例を用いて、本実施形態の撮像レンズ系1をより詳細に説明する。

実施例1

実施例1に係る撮像レンズ系1の構成は図3に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データの表を図12に示す。また、本実施例の横収差図を図23、像面湾曲図を図33、軸上色収差図を図43に示す。

【0042】

図23の横収差図は、最大画角を10分割して各画角におけるY方向（タンジェンシャル方向）とX方向（サジタル方向）の横収差を示している。横収差図には、画角0を含む11組（像面における像高が、0.0、0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8、2.1、2.4、3.044、3.278）、合計22のグラフが示されている。グラフの横軸は各画角でのY方向又はX方向の相对瞳座標を示しており、縦軸は像面における光軸に直角な方向の横収差値を示している。また各グラフには5つの波長における横収差値が示されている。主波長である $0.546 \mu\text{m}$ は実線で示されている。他の4つの波長は4種類の破線で示されており、破線の長さが短い方からそれぞれ、 $0.486 \mu\text{m}$ 、 $0.436 \mu\text{m}$ 、 $0.656 \mu\text{m}$ 、 $0.588 \mu\text{m}$ の波長を示している。

20

【0043】

図33の像面湾曲図では、Tはタンジェンシャル方向、Sはサジタル方向を表している。横軸は像面湾曲値でプラス側がファー方向、マイナス側がニア方向を表している。縦軸は最大画角で正規化された相对画角となっている。

30

【0044】

図43の軸上色収差図では、横軸は焦点位置でプラス側がファー方向、マイナス側がニア方向を表しており、縦軸は波長を表している。

【0045】

図3において、図の左側を物体側、右側を像側としており、像面をIMとして図示している。また、開口絞りStは形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。

【0046】

図12の基本レンズデータ及び非球面データにおいて、Siは、最も物体側の構成要素の面を1番目として像側に向かうに従って順次増加するi番目の面を示す。Riは、i番目の面の曲率半径を示す。Diは、i番目の面Siとi+1番目の面Si+1との間の光軸Z上の距離（面間隔）を示す。Ndiは、面間隔Diの媒質のd線（波長 $0.5876 \mu\text{m}$ ）に対する屈折率を示す。dj（j=1~5の整数）は、レンズ番号L1~L5に対応するレンズの材料のd線に対するアッペ数を示す。基本レンズデータには、無限遠に位置する物体面と、開口絞りSt（レンズNo.欄）と、も含めて記載されている。曲率半径は物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負として記載されている。図12において、曲率半径及び面間隔の単位はmmである。また、図12には、非球面データとして各レンズ面の非球面係数が記載されており、非球面データのない面は球面である。

40

50

【 0 0 4 7 】

非球面の形状については次式で表される。

$$\text{S a g} (h) = (h ^ 2 / R) / \{ 1 + (1 - (1 + K) \times h ^ 2 / R ^ 2) \} \\ + A 4 \times h ^ 4 + A 6 \times h ^ 6 + A 8 \times h ^ 8 + A 1 0 \times h ^ 1 0 + A 1 2 \times h ^ 1 2$$

但し

h : 光軸に垂直な方向のレンズ面の高さ

S a g (h) : 光軸 Z 上の非球面の頂点における接平面から、高さ h における非球面上の位置までの光軸 Z 方向の距離 (サグ量)

R : 曲率半径

K : コーニック係数 (円錐係数)

A n : n 次の非球面係数

とする。

10

【 0 0 4 8 】

実施例 2

実施例 2 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 4 に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図 1 3 に示す。また、本実施例の横収差図を図 2 4、像面湾曲図を図 3 4、軸上色収差図を図 4 4 に示す。

【 0 0 4 9 】

実施例 3

実施例 3 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 5 に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図 1 4 に示す。また、本実施例の横収差図を図 2 5、像面湾曲図を図 3 5、軸上色収差図を図 4 5 に示す。

20

【 0 0 5 0 】

実施例 4

実施例 4 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 6 に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図 1 5 に示す。また、本実施例の横収差図を図 2 6、像面湾曲図を図 3 6、軸上色収差図を図 4 6 に示す。

【 0 0 5 1 】

実施例 5

実施例 5 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 7 に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図 1 6 に示す。また、本実施例の横収差図を図 2 7、像面湾曲図を図 3 7、軸上色収差図を図 4 7 に示す。

30

【 0 0 5 2 】

実施例 6

実施例 6 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 8 に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図 1 7 に示す。また、本実施例の横収差図を図 2 8、像面湾曲図を図 3 8、軸上色収差図を図 4 8 に示す。

【 0 0 5 3 】

実施例 7

実施例 7 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 9 に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図 1 8 に示す。また、本実施例の横収差図を図 2 9、像面湾曲図を図 3 9、軸上色収差図を図 4 9 に示す。

40

【 0 0 5 4 】

実施例 8

実施例 8 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 1 0 に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図 1 9 に示す。また、本実施例の横収差図を図 3 0、像面湾曲図を図 4 0、軸上色収差図を図 5 0 に示す。

【 0 0 5 5 】

実施例 9

実施例 9 に係る撮像レンズ系 1 の構成は、図 1 1 に示す通りであり、対応する基本レン

50

ズデータ及び非球面データを図20に示す。また、本実施例の横収差図を図31、像面湾曲図を図41、軸上色収差図を図51に示す。

【0056】

比較例

比較例に係る撮像レンズ系の構成は、図2に示す通りであり、対応する基本レンズデータ及び非球面データを図21に示す。また、本実施例の横収差図を図32、像面湾曲図を図42、軸上色収差図を図52に示す。

【0057】

図2は本発明の比較例の断面図を示しており、図1と同じように最大画角における主光線K0と、開口絞りSt以降のレンズの有効径の端を通る最大画角における上光線K1と、を記載している。第1レンズL1～第4レンズL4までは撮像レンズ系1と同じ構成であるが、第5レンズL5が両凸形状の正レンズである点が本実施形態に係る撮像レンズ系1と異なっている。

10

【0058】

[各実施例及び比較例の特性値]

図22に実施例1～9及び比較例の撮像レンズ系1のF値、焦点距離f、及び前述の条件式(1)～(10)の特性値($f_1/f \sim f_5/f$ 、 FB/f 、 $L4R2D$ 、 $L5R1D$ 、 $L5R2R/f$ 、 $345/12$)を示す。また、図22に、実施例1～9において、常温(25)から85又は-40に変化させたときの撮像レンズ系1の焦点位置の変化量(近軸ピント変動量)を示す。

20

【0059】

図22に示すように、実施例1～9のうち、条件式(1)～(10)のいずれかを満たしていないものもある。例えば、条件式(1)に関して、実施例1～7は満足しており、実施例8及び9は満足していない。条件式(2)に関して、実施例1～8は満足しており、実施例9は満足していない。条件式(3)に関して、実施例1～3及び5は満足しており、実施例4及び6～9は満足していない。なお、比較例は、条件式(1)、(3)、(4)及び(10)を満足していない。

【0060】

実施例1～9は、比較例に比べて横収差及び像面湾曲が小さくなっている。また、条件式(3)を満足していない実施例4、6、及び7に比べて、条件式(3)を満足している実施例1～3及び5は軸上色収差が小さくなっている。実施例8及び9は、実施例1～3に比べて、軸上色収差は同等だが、横収差が若干大きくなっている。

30

【0061】

また、図22に示すように、実施例1～9において、常温(25)から85又は-40に変化させたときの撮像レンズ系1の焦点位置の変化量(近軸ピント変動量)を、0.024mm以下に抑えている。

【0062】

なお、本発明の撮像レンズ系1としては、上記実施例のものに限られるものではなく、その他の種々の態様の変更が可能である。

【0063】

この出願は、2013年10月3日に提出された日本出願特願2013-208450を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

40

【符号の説明】

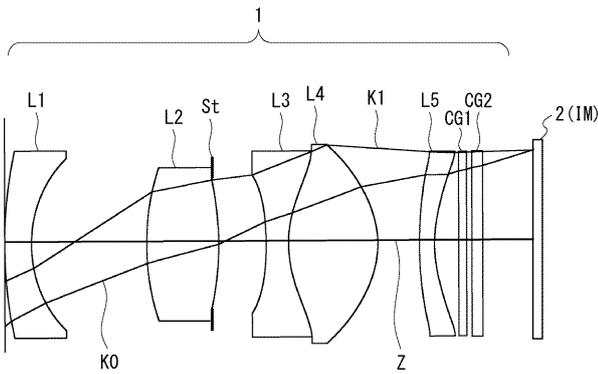
【0064】

- 1 撮像レンズ
- 2 撮像素子
- Z 光軸
- K0 最大画角における主光線
- K1 最大画角における上光線
- L1 第1レンズ

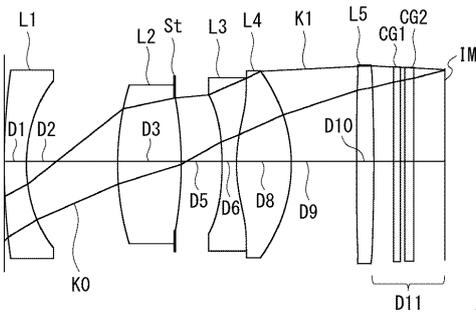
50

- L 2 第 2 レンズ
- L 3 第 3 レンズ
- L 4 第 4 レンズ
- L 5 第 5 レンズ
- CG 1 第 1 カバーガラス
- CG 2 第 2 カバーガラス
- St 開口絞り
- IM 像面
- Si 面番号 ($i = 0, 1, 2, 3, \dots$)
- Ri i 番目の面の曲率半径 ($i = 1, 2, 3, \dots$)
- Di i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との光軸上の面間隔 ($i = 1, 2, 3, \dots$)
- Ndi i 番目の面から $i + 1$ 番目の面までの媒質の d 線に対する屈折率 ($i = 1, 2, 3, \dots$)
- dj j 番目のレンズの媒質のアッペ数 ($j = 1, 2, 3, 4, 5$)

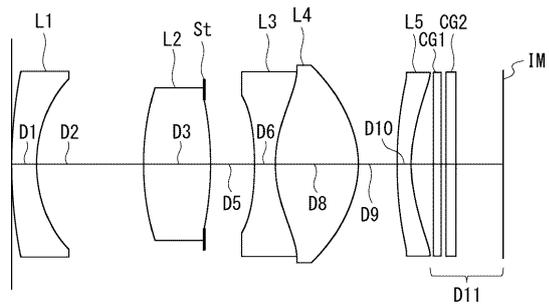
【 図 1 】



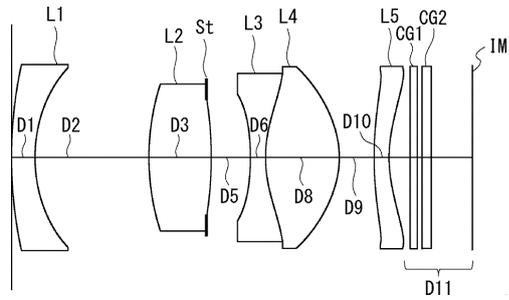
【 図 2 】



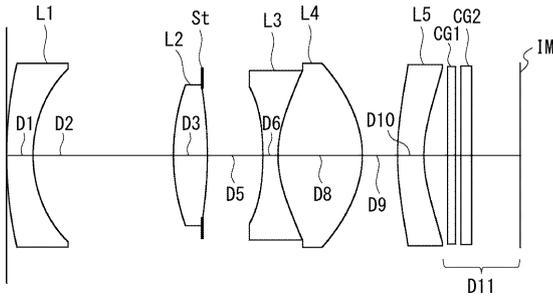
【 図 3 】



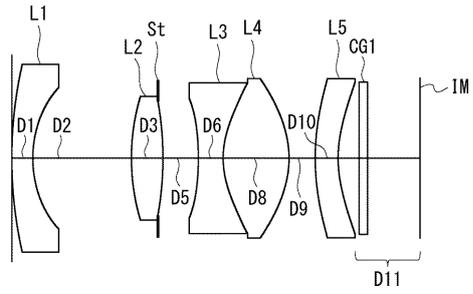
【 図 4 】



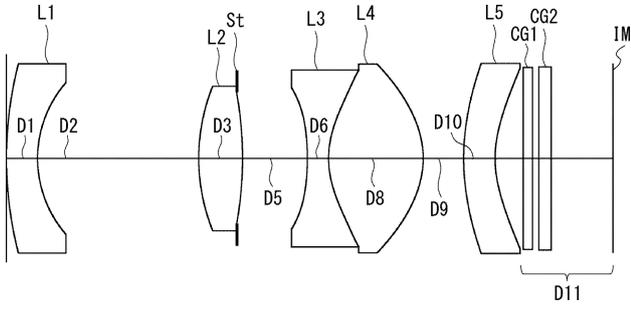
【図 5】



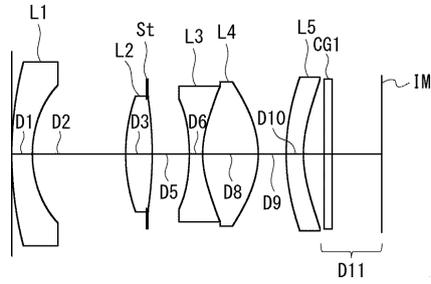
【図 7】



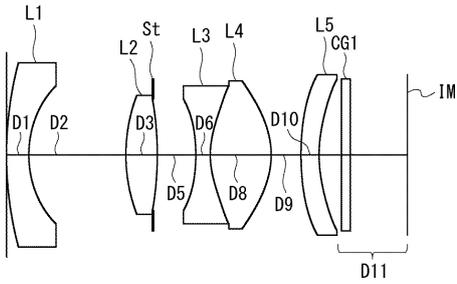
【図 6】



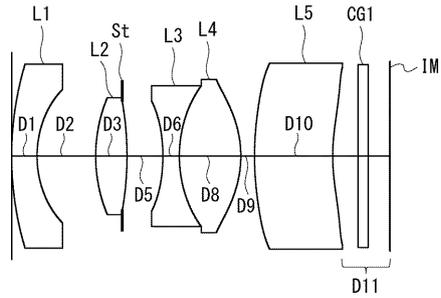
【図 8】



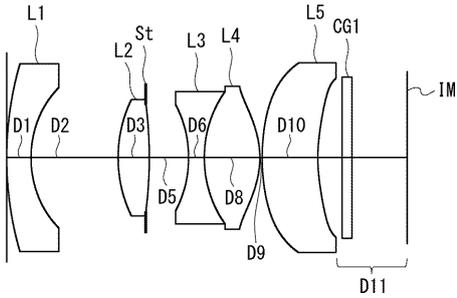
【図 9】



【図 11】



【図 10】



【図 1 2】

実施例1												
基本レンズデータ						非球面データ						
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	M d i (屈折率)	γ d j (γパ 数)	K (コエフ 係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12	
	0	-	無限	1.00000								
L1	1	12.424	1.000	1.80420	46.5							
L2	2	3.573	4.300	1.00000								
L3	3	6.865	2.682	1.70154	41.1							
L4	4	-8.465	0.000	1.00000								
St	5	-	1.775	1.00000								
L3	6	-7.939	0.834	1.61422	25.6	-24.3331	-0.0116	0.0000	8.5237E-05	-2.0233E-05	0.0000	
L4	7	3.194	0.000	1.00000		-1.0480	-0.0044	0.0000	-4.6874E-05	2.3693E-06	0.0000	
L4	8	3.184	3.340	1.53461	56.0	-1.0480	-0.0044	0.0000	-4.6874E-05	2.3693E-06	0.0000	
L5	9	-2.540	1.554	1.00000		0.0000	-0.0055	0.0000	2.2884E-05	-2.4303E-06	6.5746E-08	
L5	10	11.856	0.565	1.53461	56.0	3.7408	0.0011	0.0000	-5.4263E-05	1.3403E-05	-1.0597E-06	
L5	11	3.759	3.689	1.00000		0.0000	-0.0102	0.0000	1.6509E-04	-2.0990E-05	4.8125E-07	

【図 1 3】

実施例2												
基本レンズデータ						非球面データ						
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	M d i (屈折率)	γ d j (γパ 数)	K (コエフ 係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12	
	0	-	無限	1.00000								
L1	1	11.554	1.000	1.80420	46.5							
L2	2	3.891	4.850	1.00000								
L3	3	6.376	2.656	1.70154	41.1							
L4	4	-9.807	0.000	1.00000								
St	5	-	1.665	1.00000								
L3	6	-6.367	0.644	1.61422	25.6	-6.0701	-0.0106354	0.0000	-5.5169E-05	-2.9585E-06	0.0000	
L4	7	3.314	0.000	1.00000		-1.0632	-0.0061485	0.0000	-6.6619E-05	6.2589E-06	0.0000	
L4	8	3.314	3.143	1.53461	56.0	-1.0632	-0.0061485	0.0000	-6.6619E-05	6.2589E-06	0.0000	
L5	9	-2.430	1.480	1.00000		0.0000	-0.0065971	0.0000	2.5421E-05	-2.2383E-06	1.6126E-08	
L5	10	9.296	0.636	1.53461	56.0	1.2012	-0.0011732	0.0000	-7.1383E-05	1.7843E-05	-1.4820E-06	
L5	11	3.468	3.551	1.00000		0.0000	-0.0143301	0.0000	1.7291E-04	-2.5117E-05	6.7852E-07	

【図 1 4】

実施例3												
基本レンズデータ						非球面データ						
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	M d i (屈折率)	γ d j (γパ 数)	K (コエフ 係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12	
	0	-	無限	1.00000								
L1	1	11.686	1.000	1.80420	46.5							
L2	2	3.676	5.302	1.00000								
L3	3	6.033	1.279	1.70154	41.1							
L4	4	-11.841	0.000	1.00000								
St	5	-	2.098	1.00000								
L3	6	-7.890	0.571	1.61422	25.6	-12.76366	-0.0096879	0.0000	-2.9355E-05	4.9545E-06	0.0000	
L4	7	3.110	0.000	1.00000		-0.88437	-0.0054321	0.0000	-6.9775E-05	8.6418E-06	0.0000	
L4	8	3.110	3.187	1.53461	56.0	-0.88437	-0.0054321	0.0000	-6.9775E-05	8.6418E-06	0.0000	
L5	9	-2.833	1.329	1.00000		0.0000	-0.0050517	0.0000	1.1157E-05	1.4447E-06	-1.5825E-07	
L5	10	7.789	0.992	1.53461	56.0	4.86983	-0.0045357	0.0000	-8.1278E-06	4.3132E-06	-5.2751E-07	
L5	11	3.559	3.646	1.00000		0.00000	-0.0129144	0.0000	0.000145396	-2.0232E-05	7.1633E-07	

【図 1 5】

実施例4												
基本レンズデータ						非球面データ						
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	M d i (屈折率)	γ d j (γパ 数)	K (コエフ 係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12	
	0	-	無限	1.00000								
L1	1	11.911	1.000	1.80420	46.5							
L2	2	3.632	5.171	1.00000								
L3	3	6.078	1.405	1.70154	41.1							
L4	4	-11.563	0.000	1.00000								
St	5	-	2.081	1.00000								
L3	6	-7.862	0.682	1.61422	25.6	-13.2001	-0.0098	0.0000	-4.9110E-06	2.8024E-06	0.0000	
L4	7	2.909	0.000	1.00000		-1.0218	-0.0066	0.0000	-4.2380E-05	6.3715E-06	0.0000	
L4	8	2.909	3.035	1.53461	56.0	-1.0218	-0.0066	0.0000	-4.2380E-05	6.3715E-06	0.0000	
L5	9	-2.836	1.299	1.00000		0.0000	-0.0047	0.0000	1.0302E-05	1.8219E-06	-1.7562E-07	
L5	10	7.239	1.009	1.53461	56.0	3.8578	-0.0031	0.0000	-1.1849E-05	3.5928E-06	-3.9763E-07	
L5	11	3.528	3.780	1.00000		0.0000	-0.0116	0.0000	0.00013654	-1.9522E-05	7.2251E-07	

【 図 1 6 】

実施例5											
基本レンズデータ						非球面データ					
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	Nd i (屈折率)	ν d j (ν パ 数)	K (コエネ ジ係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
	0	-	無限	1.00000	46.5						
L1	1	12.894	1.000	1.80420	46.5						
	2	3.523	4.682	1.00000							
L2	3	6.587	1.497	1.72342	38.0						
	4	-9.817	0.000	1.00000							
St	5	-	1.680	1.00000							
L3	6	-8.740	1.179	1.61422	25.6	-15.5550	-0.007464	0.0000	-5.4865E-06	2.7587E-06	0.0000
	7	2.659	0.000	1.00000		-0.9512	-0.006415	0.0000	-3.5251E-05	5.4511E-06	0.0000
L4	8	2.659	3.130	1.53461	56.0	-0.9512	-0.006415	0.0000	-3.5251E-05	5.4511E-06	0.0000
	9	-2.988	1.244	1.00000		0.0000	-0.003891	0.0000	2.2436E-05	-6.8648E-07	-4.7290E-08
L5	10	7.119	1.087	1.53461	56.0	3.6898	-0.002588	0.0000	-1.9932E-05	3.5540E-06	-3.6066E-07
	11	3.670	3.891	1.00000		0.0000	-0.010152	0.0000	0.00013804	-2.0825E-05	8.5556E-07

【 図 1 7 】

実施例6											
基本レンズデータ						非球面データ					
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	Nd i (屈折率)	ν d j (ν パ 数)	K (コエネ ジ係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
	0	-	無限	1.00000	46.5						
L1	1	11.241	1.000	1.80420	46.5						
	2	3.440	4.531	1.00000							
L2	3	5.362	1.290	1.70154	41.1						
	4	-11.498	0.000	1.00000							
St	5	-	1.801	1.00000							
L3	6	-6.193	0.649	1.61422	25.6	-9.7817	-0.011339	0.0000	4.0236E-05	2.3095E-06	0.0000
	7	2.897	0.000	1.00000		-0.9422	-0.008480	0.0000	-5.7591E-05	1.2896E-05	0.0000
L4	8	2.897	2.700	1.53461	56.0	-0.9422	-0.008480	0.0000	-5.7591E-05	1.2896E-05	0.0000
	9	-2.723	1.355	1.00000		0.0000	-0.004684	0.0000	2.2783E-05	3.2173E-06	-3.5658E-07
L5	10	6.338	0.839	1.53461	56.0	2.8664	-0.002385	0.0000	-2.1416E-05	3.1881E-06	-4.0355E-07
	11	3.549	3.803	1.00000		0.0000	-0.011087	0.0000	0.00016305	-2.6628E-05	1.1483E-06

【 図 1 8 】

実施例7											
基本レンズデータ						非球面データ					
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	Nd i (屈折率)	ν d j (ν パ 数)	K (コエネ ジ係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
	0	-	無限	1.00000	46.5						
L1	1	11.530	1.000	1.80420	46.5						
	2	3.378	4.353	1.00000							
L2	3	5.348	1.410	1.70154	41.1						
	4	-10.257	0.000	1.00000							
St	5	-	1.726	1.00000							
L3	6	-5.521	0.649	1.61422	25.6	-0.8012	-0.0086396	0.0000	5.3897E-05	-7.3814E-07	0.0000
	7	2.683	0.000	1.00000		-3.7484	-0.001194	0.0000	-0.0001084	1.7052E-05	0.0000
L4	8	2.683	2.731	1.53461	56.0	-3.7484	-0.001194	0.0000	-0.0001084	1.7052E-05	0.0000
	9	-2.596	1.336	1.00000		0.0000	-0.003574	0.0000	9.1921E-06	4.3578E-06	-3.6545E-07
L5	10	8.633	0.811	1.53461	56.0	5.7993	0.0009103	0.0000	-1.05E-06	-2.9838E-06	1.9884E-07
	11	4.246	3.987	1.00000		0.0000	-0.007999	0.0000	0.0002527	-4.5545E-05	2.6089E-06

【 図 1 9 】

実施例8											
基本レンズデータ						非球面データ					
面番 No.	S i (面番 号)	R i (曲率 半径)	D i (面 間隔)	Nd i (屈折率)	ν d j (ν パ 数)	K (コエネ ジ係数)	A 4	A 6	A 8	A 10	A 12
	0	-	無限	1.00000	46.5						
L1	1	10.330	1.000	1.80420	46.5						
	2	3.247	3.580	1.00000							
L2	3	4.113	1.282	1.70154	41.1						
	4	-13.022	0.000	1.00000							
St	5	-	1.616	1.00000							
L3	6	-3.688	0.646	1.61422	25.6	0.5293	-0.002590	0.0000	0.00045437	-7.3814E-05	0.0000
	7	3.617	0.000	1.00000		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L4	8	3.617	2.283	1.53461	56.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	9	-2.685	0.099	1.00000		0.0000	0.002687	0.0000	-8.8998E-05	4.2204E-05	-2.9998E-06
L5	10	6.917	2.284	1.53461	56.0	2.6602	0.001847	0.0000	1.2208E-06	1.7372E-06	-1.1725E-07
	11	4.989	3.695	1.00000		0.0000	-0.010381	0.0000	0.00043726	-7.9310E-05	5.2312E-06

【図 2 0】

実施例9										
基本レンズデータ					非球面データ					
面番 No.	Si (面番 号)	Ri (曲率 半径)	Di (面 間隔)	Ndi (屈折率)	dj (7パ 数)	K (コーナ 係数)	A4	A6	A8	A12
	0	-	無限	1.00000						
L1	1	8.470	1.000	1.80420	46.5					
L2	2	2.787	2.307	1.00000						
L3	3	4.087	1.231	1.70154	41.1					
L4	4	-8.274	0.000	1.00000						
St	5	-	1.413	1.00000						
L3	6	-4.293	0.647	1.61422	25.6	2.1625	-0.002546	0.0000	0.0001910	-2.6659E-05
L4	7	3.386	0.000	1.00000		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L5	8	3.386	2.419	1.53461	56.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L5	9	-2.825	0.537	1.00000		0.0000	0.0009571	0.0000	-8.6714E-05	3.6806E-05
L5	10	7.479	3.077	1.53461	56.0	2.4419	-0.003784	0.0000	3.8819E-05	4.5564E-07
L5	11	4.845	2.282	1.00000		0.0000	-0.01280	0.0000	0.0001605	-2.1794E-05

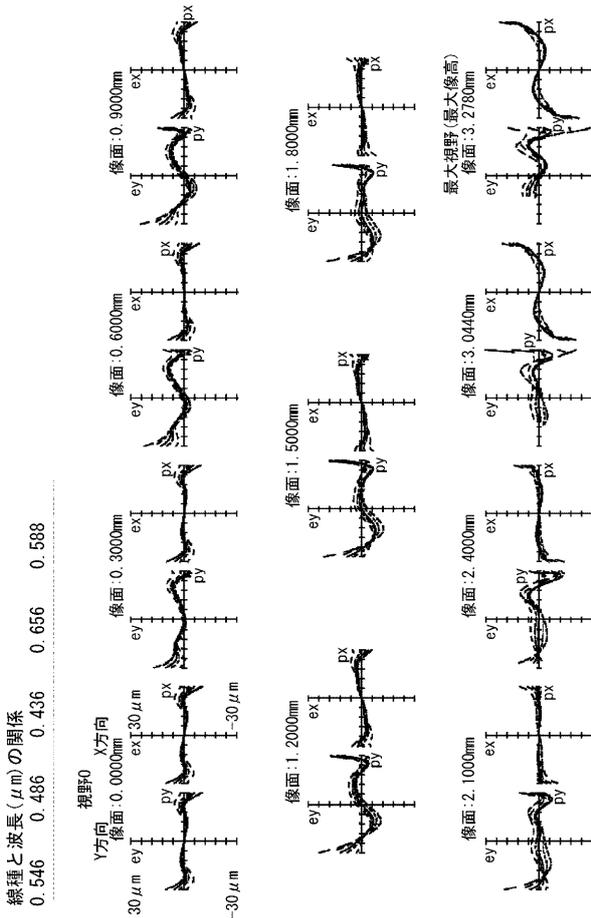
【図 2 1】

比較例										
基本レンズデータ					非球面データ					
面番 No.	Si (面番 号)	Ri (曲率 半径)	Di (面 間隔)	Ndi (屈折率)	dj (7パ 数)	K (コーナ 係数)	A4	A6	A8	A12
	0	-	無限	1.00000						
L1	1	15.029	1.000	1.80420	46.5					
L2	2	3.493	4.108	1.00000						
L3	3	6.240	2.866	1.70154	41.1					
L4	4	-8.356	0.000	1.00000						
St	5	-	1.836	1.00000						
L3	6	-6.645	0.650	1.61422	25.6	-2.3146	-0.0088610	0.0000	-0.00017777	2.4464E-05
L4	7	3.343	0.000	1.00000		-0.4781	-0.0106813	0.0000	-0.00031933	3.4889E-05
L5	8	3.343	2.479	1.53461	56.0	0.0000	-0.0106813	0.0000	-0.00031933	3.4889E-05
L5	9	-3.428	2.931	1.00000		0.0000	-0.0064784	0.0000	3.7559E-05	-4.9707E-07
L5	10	120.926	0.777	1.53461	56.0	1447.7570	-8.522E-04	0.0000	9.2036E-05	-1.3588E-05
L5	11	-71.076	3.199	1.00000		0.0000	-0.0019757	0.0000	0.00012947	-1.9401E-05

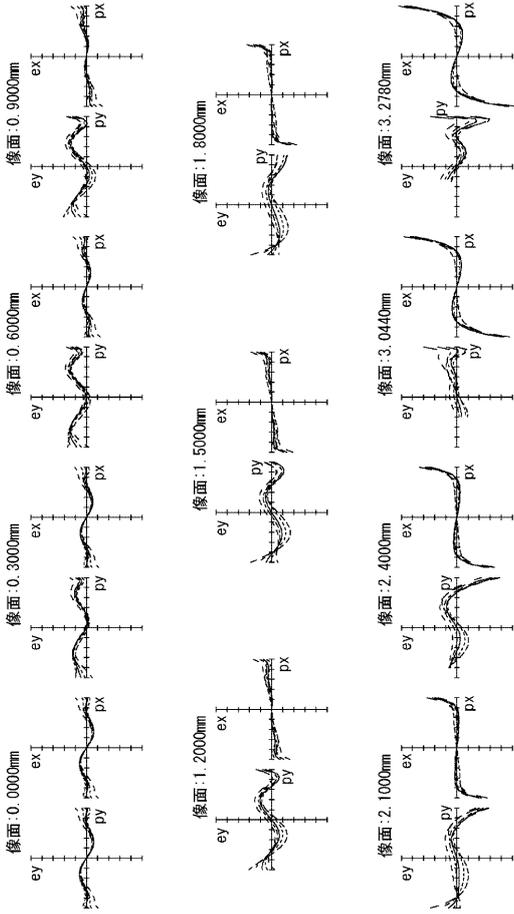
【図 2 2】

項目	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	比較例
F 値	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
f	4.630	4.633	4.629	4.630	4.630	4.630	4.630	4.630	4.630	4.630
f1/f	-1.411	-1.664	-1.518	-1.476	-1.360	-1.405	-1.351	-1.350	-1.204	-1.265
f2/f	1.251	1.268	1.261	1.261	1.216	1.156	1.118	0.987	0.869	1.190
f3/f	-2.055	-1.749	-2.038	-1.994	-2.082	-1.663	-1.493	-1.121	-1.288	-1.814
f4/f	1.095	1.042	1.246	1.260	1.351	1.210	1.153	1.175	1.250	1.564
f5/f	-2.269	-2.302	-2.873	-3.060	-3.423	-3.626	-3.593	-12.276	-9.349	18.034
FB/f	0.580	0.589	0.584	0.592	0.639	0.620	0.661	0.613	0.382	0.691
L4R2D	6.38	6.06	6.00	5.98	6.02	5.54	5.57	5.03	4.91	5.94
LSRD	5.94	5.85	5.92	6.03	6.02	5.89	6.04	6.69	5.96	6.29
LSR2R/f	0.812	0.746	0.769	0.762	0.793	0.767	0.917	1.077	1.046	-15.351
ρ 345/ ρ 12	0.510	0.474	0.395	0.413	0.426	0.394	0.382	0.369	0.413	0.544
-40°Cでの近軸比 変動量	-0.008	-0.006	0.001	-0.005	-0.006	-0.001	-0.007	-0.009	0.013	-
85°Cでの近軸比 変動量	-0.004	-0.006	-0.013	-0.012	-0.008	-0.012	-0.024	-0.019	-0.021	-

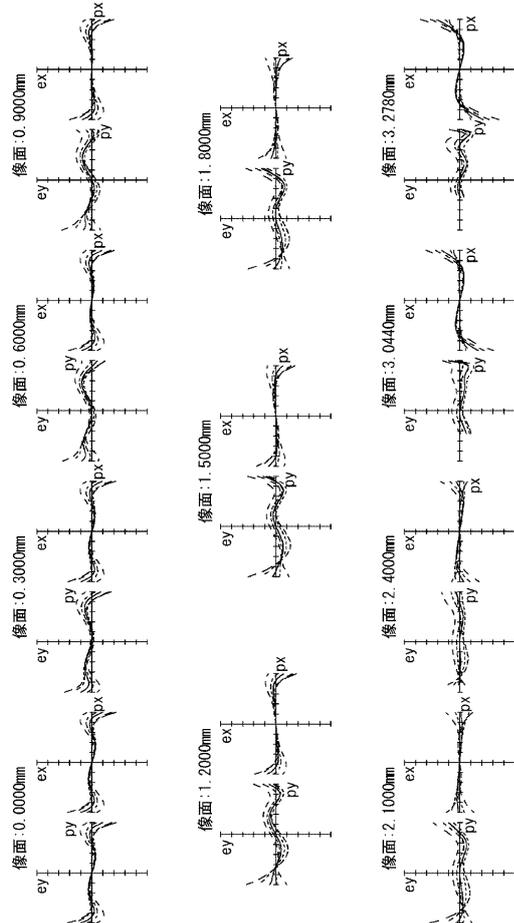
【図 2 3】



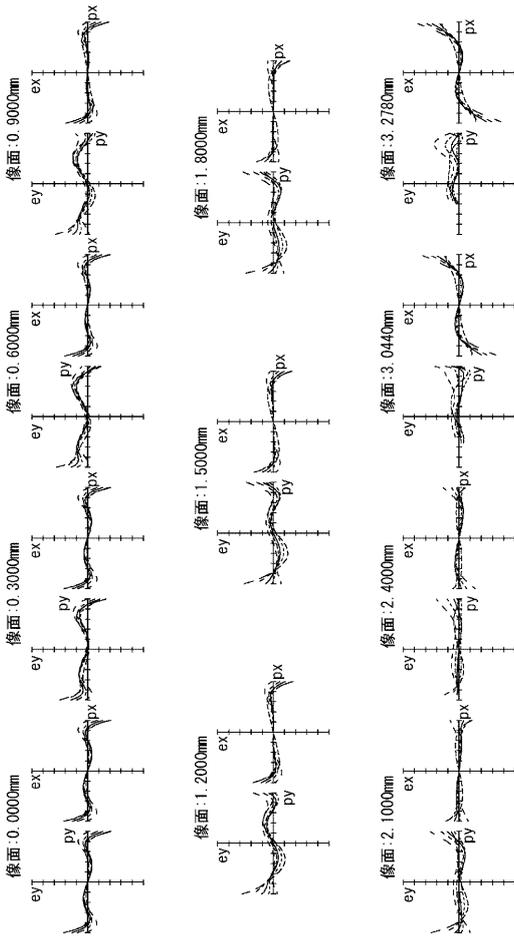
【図 2 4】



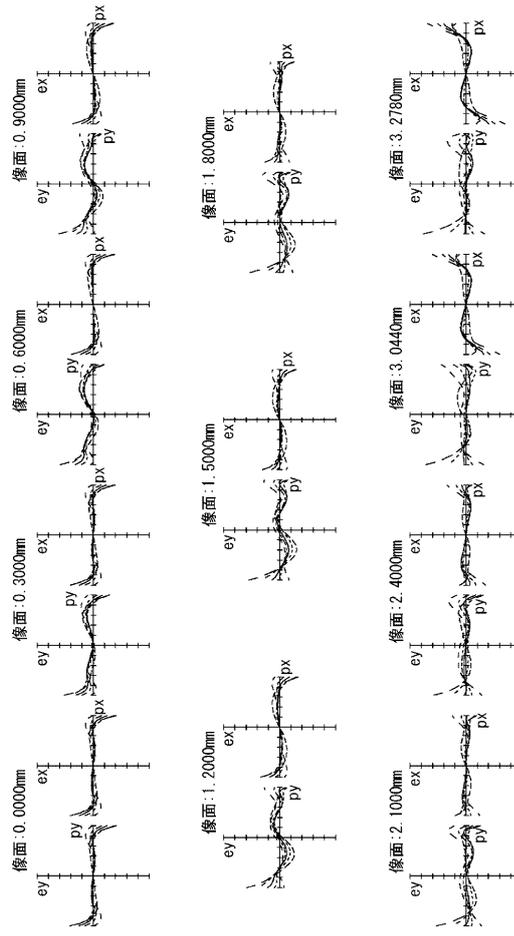
【図 2 5】



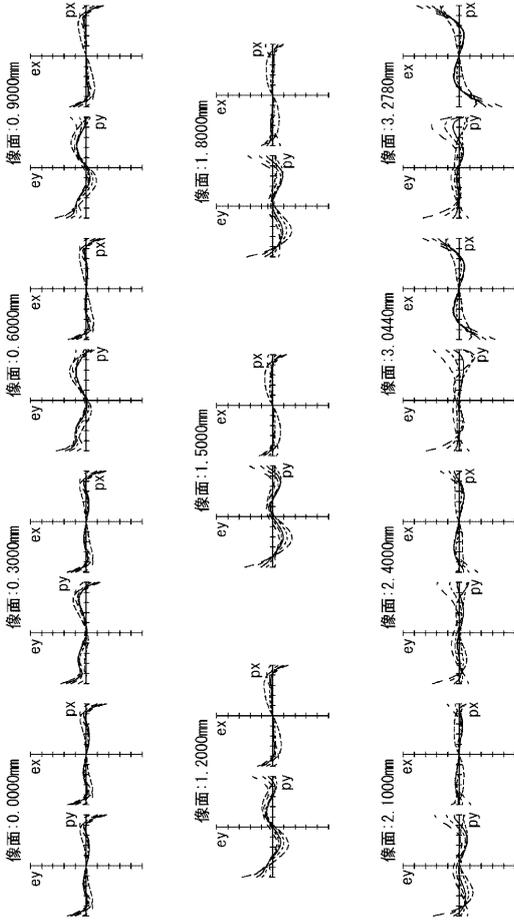
【図 2 6】



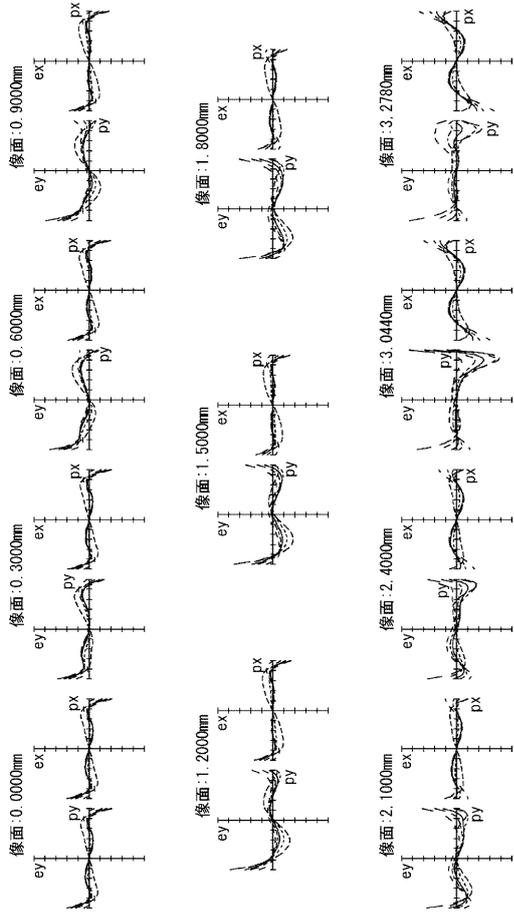
【図 2 7】



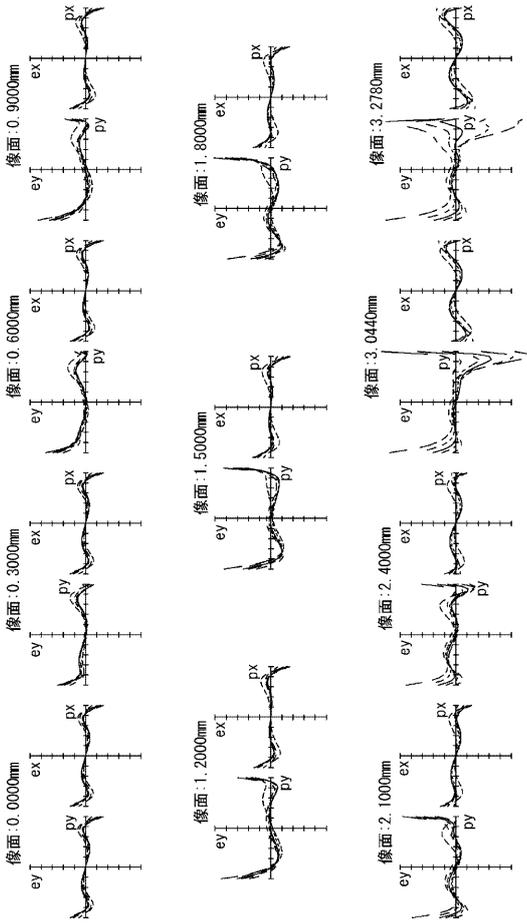
【 図 28 】



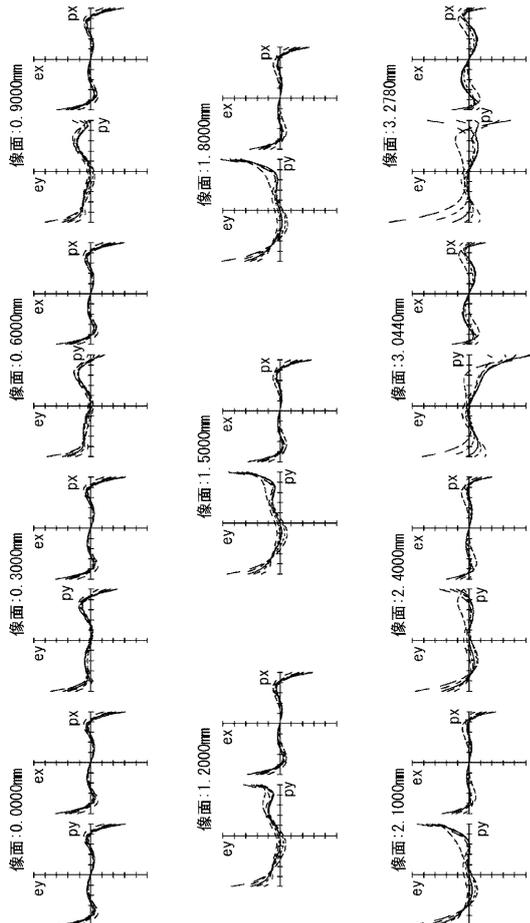
【 図 29 】



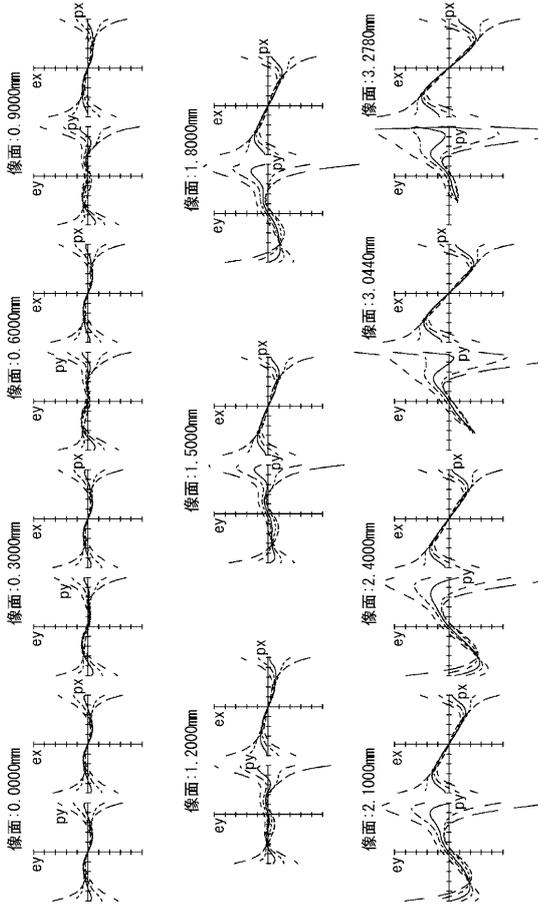
【 図 30 】



【 図 31 】

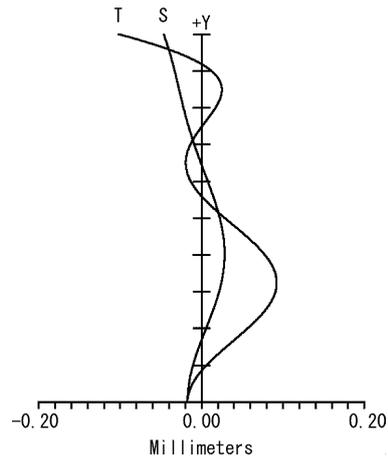


【 図 3 2 】



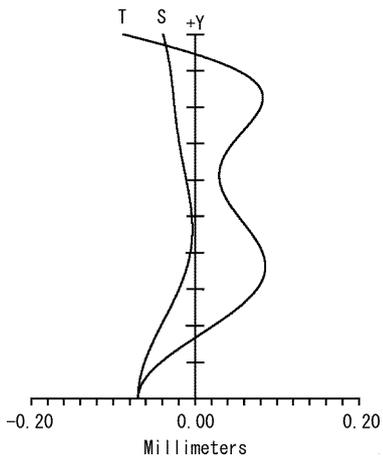
【 図 3 3 】

像面湾曲



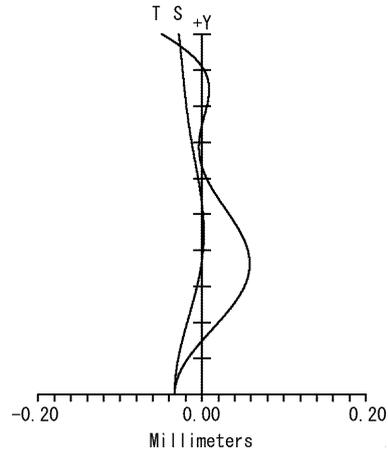
【 図 3 4 】

像面湾曲

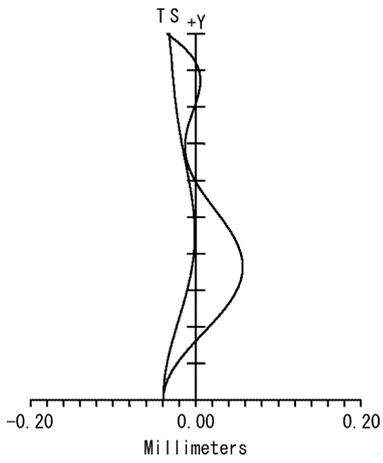


【 図 3 5 】

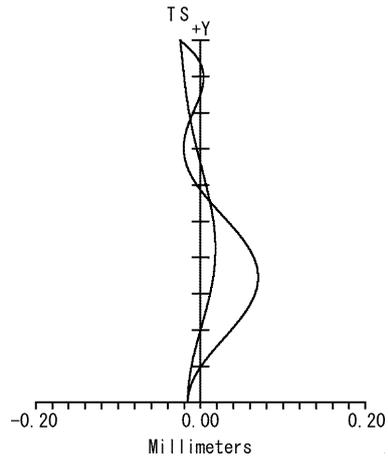
像面湾曲



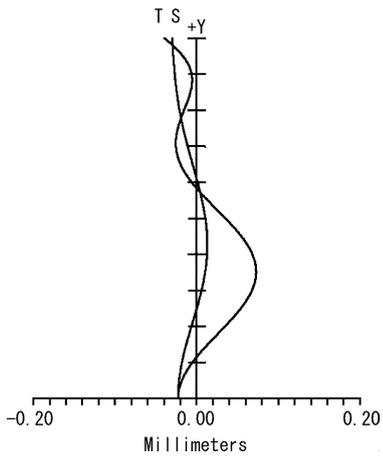
【 図 3 6 】
像面湾曲



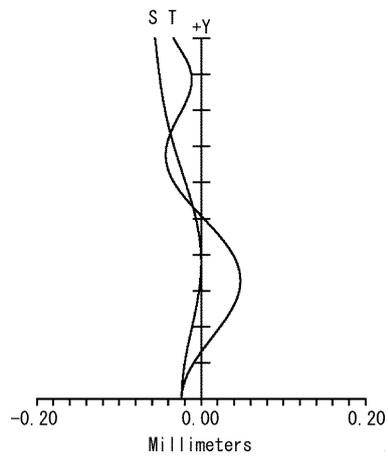
【 図 3 7 】
像面湾曲



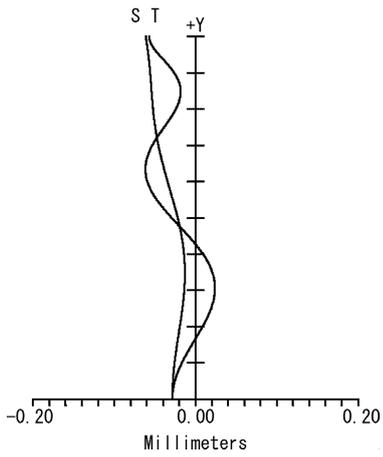
【 図 3 8 】
像面湾曲



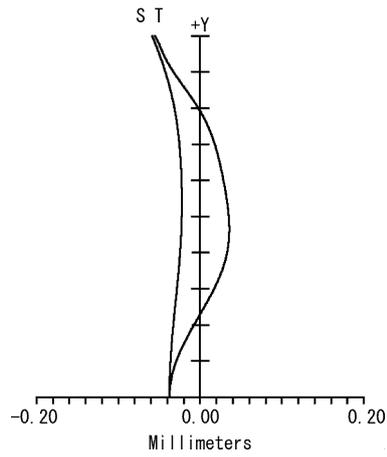
【 図 3 9 】
像面湾曲



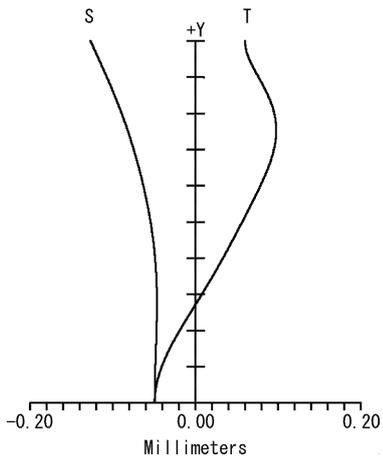
【 図 4 0 】
像面湾曲



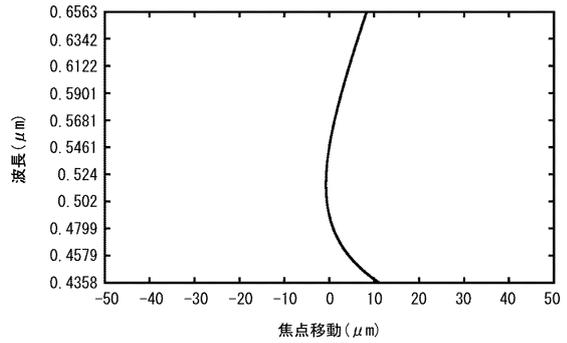
【 図 4 1 】
像面湾曲



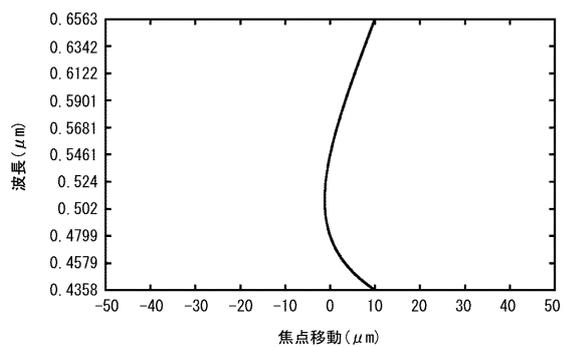
【 図 4 2 】
像面湾曲



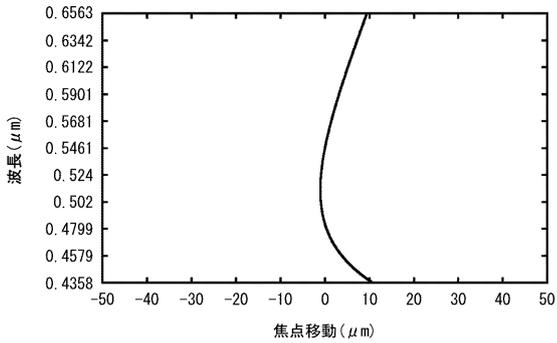
【 図 4 4 】



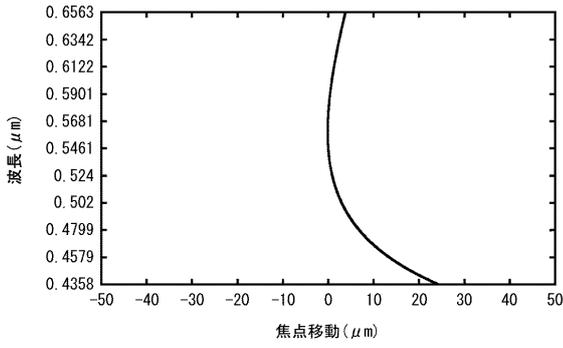
【 図 4 5 】



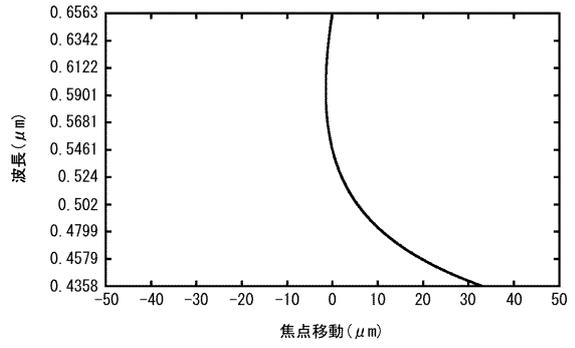
【 図 4 3 】



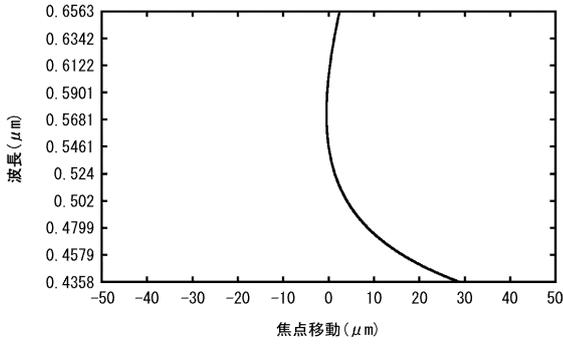
【 図 4 6 】



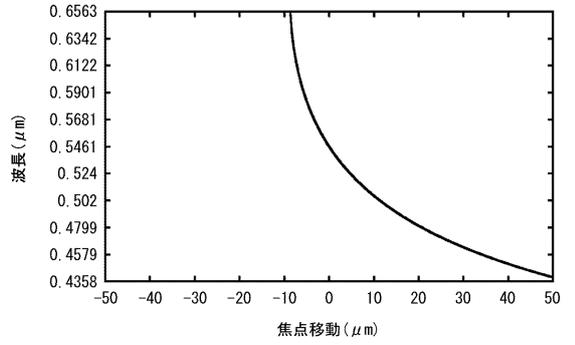
【 図 4 8 】



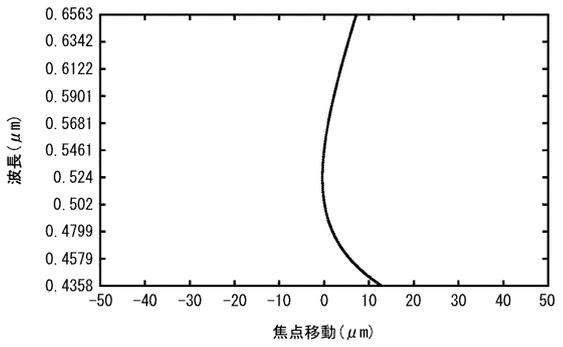
【 図 4 7 】



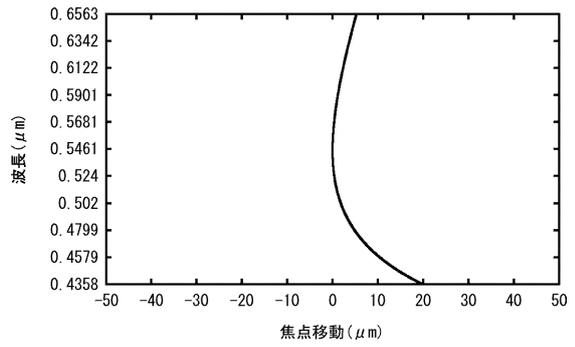
【 図 4 9 】



【 図 5 0 】



【 図 5 2 】



【 図 5 1 】

